

Los mercados de tecnologías en la economía del conocimiento

Ashish Arora, Andrea Fosfuri, Alfonso Gambardella

Nota biográfica

Ashish Arora es Profesor adjunto en el Heinz School of Public Management, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, donde se desempeña como Director de Investigación del Carnegie Mellon University Software Industry Center. Email: ashish@andrew.cmu.edu. Andrea Fosfuri es Profesor Adjunto de Administración estratégica en el Departamento comercial de la Universidad Carlos III, Madrid, e investigador afiliado al CEPR, Londres, Reino Unido. Email: fosfuri@emp.uc3m.es. Alfonso Gambardella es Profesor de Economía y Administración en el Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italia. Email: gambardella@sssup.it.

Los tres han publicado trabajos en importantes revistas de economía y administración, y son coautores de *Markets for Technology: The Economics of Innovation and Corporate Strategy* [Los mercados de tecnologías: la economía de innovación y estrategia empresarial] (2001). Arora también es coeditor de *Chemicals and Long Term Economic Growth* [Productos químicos y crecimiento económico a largo plazo]. Gambardella también es autor de *Science and Innovation* [Ciencia e innovación] (1995), y coeditor de *The Organization of Innovative Activity in Europe* [La organización de la actividad innovadora en Europa] Cambridge University Press, 1999.

Introducción

Hoy en día, resulta un lugar común decir que vivimos en la economía del conocimiento. Al igual que todos los clichés, éste también es incorrecto en cuanto da a entender que los sistemas económicos anteriores no se basaban en el conocimiento. Si hay algo diferente en el sistema económico que ha caracterizado a la mayoría de países industrializados durante los últimos doscientos cincuenta años es, sin duda, el aumento de la importancia del conocimiento científico y tecnológico en la actividad económica. El propio Simon Kuznets sostenía que la característica distintiva del crecimiento económico moderno ha sido la aplicación sistemática de la ciencia a objetivos económicos. En realidad, pensamos que lo que distingue la llamada "economía del conocimiento" de anteriores períodos es el creciente papel del conocimiento como valor económico, comprado y vendido en los mercados de tecnologías.

Este artículo se basa en una antigua investigación llevada a cabo por los autores durante varios años y recientemente publicada como libro (Arora, Fosfuri,

Gambardella, 2001). El objetivo central de esta investigación ha sido el estudio de la naturaleza y el funcionamiento de los mercados de tecnología, es decir, mercados de insumos tecnológicos intermedios y sus implicaciones para el comercio y las políticas públicas.

Con la creación de los laboratorios de I+D (Investigación y Desarrollo) de las empresas, especialmente hacia finales del siglo XIX, las principales empresas en Europa occidental y Estados Unidos comenzaron a desarrollar su propia tecnología. Esto se ha visto representado, por ejemplo, por el crecimiento económico de Estados Unidos en el siglo XX desde la perspectiva de la empresa, postulado por Chandler (1990). Para éste, la aplicación sistemática de la ciencia se produce dentro de los sectores más organizados de la empresa, a medida que la producción de nuevos conocimientos se combina con su aplicación a través de inversiones mutuamente complementarias en investigación, producción y comercialización.

La visión de creación de conocimientos integrada en el uso del conocimiento se ha vuelto inadecuada para entender el crecimiento económico del siglo XXI. Durante los últimos diez a quince años, se ha producido un rápido aumento de una diversidad de fórmulas para el intercambio de tecnología o de servicios tecnológicos, que varía desde empresas conjuntas y asociaciones de I+D hasta acuerdos de concesión de licencias y de licencias cruzadas, o de subcontratación de I+D.

A pesar de que carecemos de medidas empíricas globales sobre el aumento de estos acuerdos a lo largo de tiempo, todas las pruebas existentes indican que el intercambio comercial de tecnologías es más habitual que en el pasado. Por ejemplo, Grindley y Teece (1997) señalan el uso creciente de concesión de licencias de tecnología en empresas como IBM, Texas Instruments, Hewlett Packard y AT&T durante los años noventa. Además, actualmente, han surgido diversas empresas y productos de software para ayudar a las empresas a gestionar sus carteras de patentes. Las empresas que se especializan en la creación de nuevas tecnologías constituyen hoy en día una parte importante del paisaje industrial en numerosas industrias de tecnología intensiva. Finalmente, hemos visto que proliferan los mercados electrónicos y *online*, donde se puede comprar y vender tecnología.

No estamos sugiriendo que la I+D en las empresas más conocidas será reemplazada por una investigación y desarrollo realizadas externamente. Más bien, intentamos entender las condiciones bajo las cuales se puede intercambiar tecnología, ya sea en empresas establecidas o en empresas que se especializan en la producción de tecnología. Además de la difusión de la tecnología, estas transacciones podrían desempeñar un importante papel en la promoción de la innovación. Esto es lo que sucede cuando los promotores de la tecnología carecen de los recursos necesarios para comercializarla. Si no tuviesen la perspectiva de capitalizar sus innovaciones comercializándolas, muchas pequeñas empresas basadas en la tecnología no invertirían en la creación de nuevas y útiles tecnologías. Además, como demostraremos aquí, los mercados internacionales de la tecnología pueden ser un importante mecanismo para difundir eficazmente la tecnología en los países menos desarrollados.

Empezaremos con una definición provisional de los mercados de tecnologías y con un resumen de las pruebas empíricas sobre el tamaño y la importancia de estos mercados.

La tercera parte se centra en las implicaciones del desarrollo de los mercados de tecnologías para la estrategia empresarial. La cuarta parte aborda el papel de los mercados de tecnologías en la promoción de la difusión internacional de la tecnología. La quinta parte concluye tratando las implicaciones de las políticas nacionales a la luz de la globalización de estos mercados.

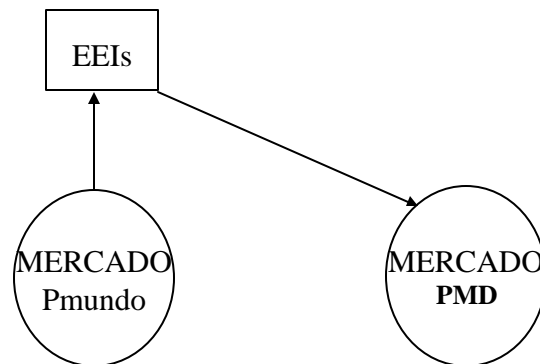
Los mercados de tecnologías

Una definición provisional

En este artículo, utilizamos la palabra "mercado" en un sentido amplio. En términos estrictos, las transacciones de mercado se dan en un pie de igualdad, son anónimas y normalmente implican un intercambio de un producto por dinero. Muchas de las transacciones de tecnología que hemos observado, sino la mayoría, no cumplirían con uno o el otro criterio. A menudo, comprenden contratos bastante detallados y pueden formar parte de algún tipo de alianza tecnológica. Así, a pesar de que a menudo pintaremos con una brocha gorda, estableciendo un contraste entre las transacciones del mercado con los procesos dentro de una empresa, no se trata de impugnar la existencia de formas híbridas que caracterizan las transacciones de tecnología en el mercado sino más bien de afinar la exposición.

La tecnología adopta diversas formas, de manera que ninguna definición general servirá. Por ejemplo, la tecnología puede asumir la forma de propiedad intelectual (patentes) o intangibles (por ejemplo, un programa informático, o un diseño), o puede estar integrada en un producto (por ejemplo, un prototipo, o un mecanismo como un *chip* diseñado para realizar ciertas operaciones), o puede adoptar la forma de servicios técnicos. No intentaremos definir la tecnología, y la trataremos más bien como un término impreciso para conocimientos útiles basados en disciplinas científicas y de ingeniería, que normalmente también se basan en la experiencia práctica en el contexto de la producción. A su vez, esto significa que las transacciones de tecnología pueden adoptar diferentes formas, desde la simple concesión de licencias de una propiedad intelectual bien definida, hasta complejos acuerdos de colaboración que podrían incluir un desarrollo de la tecnología en el futuro, o su realización "a partir de cero"¹ La Figura 1 resume nuestra definición del mercado de tecnologías con una simple tipología, junto con ejemplos de cada caso.

Figura 1: La transmisión de impulsos de crecimiento



Nuestra definición del mercado de tecnologías se parece a la propuesta por el Ministerio de Justicia de Estados Unidos en sus directrices antimonopolios para la licencia de propiedad intelectual (Ministerio de Justicia de Estados Unidos, 1995). El Ministerio de Justicia de Estados Unidos define los mercados de tecnologías como mercados de "propiedad intelectual que poseen una licencia autorizada y sus sustitutos próximos (es decir, las tecnologías o productos que son sustitutos lo bastante próximos para restringir significativamente el ejercicio del poder de mercado en relación a la propiedad intelectual que posee licencia". (Ministerio de Justicia de Estados Unidos, 1995: 6). Nuestra definición en la figura 1 también comprende lo que el Ministerio de Justicia llama "mercados para la innovación", que son considerados mercados de tecnologías del "futuro". Estos incluyen acuerdos en que las partes acuerdan realizar actividades, en conjunto o independientemente, que conduzcan al futuro desarrollo de tecnologías que serán intercambiadas (o serán de propiedad común) entre ellas. Éste es el mercado habitual de la subcontratación de I+D y de diversos tipos de alianzas y empresas tecnológicas conjuntas.



Venta de software en Guangzhou, China, 2001
Richard Jones / SINOPEX – REA

En resumen, un mercado de tecnologías se refiere a las transacciones para el uso, difusión y creación de tecnologías. Esto comprende transacciones de paquetes tecnológicos enteros (patentes y otra propiedad intelectual y conocimientos especializados) y concesión de licencias de patentes. También incluye transacciones que abarquen conocimientos que no sean patentables o que no estén patentados (por ejemplo, programas informáticos, o cualquiera de los numerosos diseños e innovaciones no patentados).

Algunas pruebas sugerentes

Los mercados de tecnología no son nuevos. Lamoreaux y Sokoloff (1997 y 1998) han documentado la existencia de un mercado activo de patentes en Estados Unidos durante el siglo XIX. Sin embargo, al parecer estos mercados decayeron después de los años veinte y sólo se han recuperado en los últimos dos decenios.² En Arora, Fosfuri y Gambardella (2001, de próxima publicación), presentamos cálculos aproximados del tamaño y alcance de los mercados de la tecnología en decenios recientes. Utilizando datos sistemáticos sobre transacciones de tecnología, descubrimos que el alcance del comercio tecnológico ha crecido en los años noventa, y que las industrias de alta tecnología, de *software*, productos químicos y electrónica lideran el crecimiento de dichos mercados. El Cuadro 1 muestra las cifras totales y, en paréntesis, el valor de dichas transacciones, por sector industrial, entre 1985 y 1997. El valor de una transacción se calcula aquí como la suma de los pagos por licencias y derechos de patente, e inversiones en el capital social y financiación de I+D proporcionada a cambio de derechos de licencias.

Cuadro 1: Una tipología sencilla de mercados de tecnologías

	Tecnología existente	Tecnología futura o componentes para el futuro
Mercado horizontal/ Transacciones con rivales verdaderos o potenciales	Concesión de licencia de Union Carbide de tecnología Unipol de politileno a Huntsman Chemicals	Sun otorga licencia Java a IBM; Empresa conjunta I+D u otras alianzas tecnológicas entre rivales
Mercado vertical/ Concesión de licencias a no rivales	Licencia de propiedad intelectual en los semiconductores	Empresa conjunta I+D u otras alianzas tecnológicas; Affymax concede licencia de tecnología combinatoria de descubrimiento de fármacos a empresas farmacéuticas

Este cuadro muestra que se han producido más de 15.000 transacciones en tecnología con un valor total de más de 330.000 millones de dólares, con un promedio de casi 1.150 transacciones y un valor de 27.000 millones de dólares al año³. Utilizando datos sobre pagos de derechos recibidos por empresas de Estados Unidos, llegamos a un cálculo similar en cuanto al tamaño de los mercados de tecnologías. Esta consistencia es sólida y sugiere que el volumen total de estas transacciones tecnológicas es del orden de 30.000 a 50.000 millones de dólares al año. Para tener una perspectiva de estas cifras, señalemos que el gasto total de I+D en Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido, Francia, Italia y Canadá fue de alrededor de 340.000 millones de dólares, y que el gasto en I+D no relacionado con la defensa fue de unos 300.000 millones de dólares en 1995. Por lo tanto, en los países desarrollados el valor del total

de las transacciones tecnológicas es alrededor del 9% del gasto total en I+D no relacionada con defensa. A pesar de que los mercados de tecnologías en muchos casos aún están dando sus primeros pasos, el valor de las transacciones ya es sustancial. Nuestros datos también demuestran que el número de estas transacciones ha ido aumentando regularmente a lo largo del tiempo, con la excepción de los últimos dos años en la muestra utilizada (que posiblemente refleje información incompleta sobre las transacciones para estos años).

Cuadro 2: El Mercado de Tecnologías: Número y valor (millones de dólares U.S. 1995), de las transacciones de tecnologías, 1985-97, por sector

	1985-89	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Número Total (Valor Total)
SIC28	439 (5809)	310 (4102)	461 (6101)	395 (5227)	486 (6431)	596 (7887)	351 (4645)	208 (2753)	222 (2938)	3496 (46264)
SIC35	129 (6280)	115 (5599)	210 (10224)	188 (9153)	195 (9493)	192 (9347)	164 (7984)	63 (3067)	69 (3359)	1360 (66211)
SIC36	234 (10971)	190 (8908)	310 (14534)	316 (14816)	366 (17160)	415 (19457)	326 (15284)	135 (6329)	151 (7080)	2479 (116227)
SIC73	143 (1740)	207 (2518)	360 (4380)	334 (4063)	363 (4416)	610 (7421)	770 (9368)	405 (4927)	424 (5158)	3689 (44881)
SIC87	11 (171)	9 (140)	45 (701)	253 (3939)	156 (2429)	73 (1137)	34 (529)	22 (343)	17 (265)	707 (11009)
All	174 (2781)	209 (2901)	468 (5471)	523 (6373)	560 (6549)	540 (6354)	545 (6658)	289 (3342)	293 (3156)	3858 (48240)
Total	1130 (27753)	1040 (24169)	1854 (41410)	2009 (43571)	2126 (46479)	2426 (51604)	2190 (44469)	1122 (20761)	1176 (21956)	15073 (332831)

Nota: SIC28 = Prods. químicos; SIC35 = Maquinaria y equipos industriales; SIC36 = Equipos electrónicos y otros equipos eléctricos; SIC73 = Servicios comerciales; SIC87 = Servicios de Ingeniería y Gestión.

Valor de las transacciones en millones de dólares de 1995.

Fuente: Los datos provienen de una base comercial de datos proporcionada por la Securities Data Corporation, el principal proveedor comercial de datos de ese tipo. Para más detalles, ver Arora, Fosfuri y Gambardella (2001).

Los estudios de caso específicos por industria proporcionan posiblemente las pruebas más claras sobre la creciente importancia de los mercados de tecnologías. Por ejemplo, la industria química es una industria donde la concesión de licencias de productos y tecnologías productivas se ha generalizado hace muchos años. De la misma manera, el comercio en tecnología se está generalizando en las principales industrias de alta tecnología como programas informáticos, semiconductores y biotecnología. Por ejemplo, en los semiconductores se ha producido un crecimiento importante de las llamadas empresas "fabless", o "chiplless", que se especializan en el diseño de "módulos" chip independientes y autónomos y que venden sus diseños a otras empresas, que diseñan y producen el complejo *chip* en que están insertos los módulos individuales. Además, durante el último decenio, los acuerdos de concesión de licencias y de licencias cruzadas han aumentado significativamente en esta industria, y la propensión a las patentes ha aumentado como respuesta a la mayor necesidad de proteger la propiedad intelectual en este tipo de negocios.⁴

Mercados para la tecnología y estrategia empresarial

El efecto de los mercados "ausentes" en los activos de la empresa

Para entender las implicaciones de los mercados de tecnología, conviene comenzar con una discusión más general sobre los mercados ausentes para los activos que distinguen a una empresa de sus rivales. Estos activos incluyen la tecnología, los conocimientos especializados de producción y las instalaciones productivas, la reputación de una marca comercial sólida, activos humanos, redes de suministro y canales de comercialización establecidos. Para ser una fuente de rendimiento sostenido por encima de la media, los recursos deben cumplir con tres criterios: deben ser valiosos, escasos y perfectamente móviles (ver Barney, 1991). En otras palabras, una ventaja competitiva puede apoyarse en recursos para los cuales no existen o no pueden existir mercados eficientes. Por lo tanto, la empresa construye una ventaja competitiva sostenible teniendo acceso a recursos a los que la competencia no puede acceder. De la misma manera, gran parte de la reflexión sobre estrategia tecnológica ha abordado el problema suponiendo implícita o explícitamente que los activos tecnológicos no pueden comprarse ni venderse directamente, y que los servicios de dichos activos no pueden ser "alquilados".

¿Cuáles son las consecuencias de un mercado ausente para este tipo de tecnología? La consecuencia inmediata es que el innovador debe explotar la tecnología de la propia empresa. Es decir, para obtener el valor de la tecnología, ésta (o, más bien, sus servicios) deben estar integrados en bienes y servicios que después serán vendidos. Estos bienes y servicios deben tener costes más bajos o precios más altos, con el fin de arrojar ganancias que sean superiores a la tasa de rendimiento de la competencia.

Pensemos en el caso de una empresa que ha desarrollado una nueva tecnología que reduce los costes de producción de un determinado producto. Para extraer valor de la tecnología, la empresa ha de utilizarla para producir el artículo. Esto no sólo requiere que la empresa tenga acceso a los activos complementarios (como terrenos e instalaciones físicas, canales de comercialización, etc.), sino que los rendimientos también dependerían del volumen de producción que la empresa puede alcanzar y vender. Si los propios activos complementarios no se comercializan en un mercado competitivo, o si las empresas difieren en su acceso a ellos, las empresas que tienen mejor acceso a estos activos complementarios serán capaces de derivar un mayor valor de la tecnología. De la misma manera, las empresas que pueden explotar la tecnología a mayor escala podrán obtener un mayor valor.

Llevando esta lógica más allá, las empresas más grandes, o las empresas con mejor acceso a los activos complementarios tendrán un mayor incentivo para invertir en la tecnología desde el comienzo. Si llevamos esto un paso más allá, las empresas que invierten en tecnología harían bien en invertir en los activos complementarios que no se pueden adquirir fácilmente ni eficazmente en el mercado. En otras palabras, como dice Teece (1986), las empresas tienen que invertir en la creación de activos co-especializados para maximizar sus rendimientos a partir del desarrollo de nuevas tecnologías. En resumen, en ausencia de un mercado de tecnología, a menudo una empresa debe adquirir otros activos para obtener beneficios de la tecnología. En la medida en que estos otros activos son en sí mismos caros e ilíquidos, las grandes

empresas bien capitalizadas e integradas que poseen dichos activos tienen mayores incentivos para invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías (Nelson 1959). Por el contrario, las empresas más pequeñas enfrentan mayores obstáculos en el desarrollo y la comercialización de la tecnología.

La situación es bastante diferente cuando el activo se puede vender o alquilar. Los activos complementarios no tienen que ser propiedad de ni ser accesibles directamente para el promotor de la tecnología. La importancia relativa de los activos complementarios dentro de los límites de las empresas individuales disminuye en comparación con la existencia de estos activos complementarios a nivel de la industria o del conjunto del mercado. Es evidente que los costes o factores de transacción pueden aumentar el coste de la adquisición de los activos complementarios, comparados externamente con tenerlos en la empresa, aunque estos mercados existen. En nuestro libro, distinguimos entre factores cognitivos (como dependencia del contexto y capacidad de absorción), problemas contractuales y otras imperfecciones del mercado que pueden limitar la capacidad de las empresas de tener acceso a activos complementarios externos. A medida que estas imperfecciones pierden importancia, para utilizar la terminología de Teece, la existencia de activos complementarios en el nivel de los mercados o industrias podría compensar la carencia de dichos activos en el nivel de la empresa.

A la larga, un mercado para el activo proporciona más opciones al innovador (una empresa que ha desarrollado una tecnología nueva). En lugar de incorporar una tecnología recién desarrollada en los bienes y servicios, una empresa puede optar por vender o conceder licencias a otros, o puede decidir comprarla a proveedores externos en lugar de desarrollarla ella misma. Esto no significa que las empresas sólo adquirirían tecnologías de fuentes externas. Las principales empresas probablemente escogerían el equilibrio adecuado entre adquisiciones externas y desarrollo propio de las tecnologías, aunque en las empresas con menos capacidad tecnológica propia, la existencia de fuentes externas de tecnología puede ser crucial para potenciar su capacidad de producir y vender más productos innovadores. De la misma manera, un mercado de activos tecnológicos no significa que las empresas innovadoras se transformarían en meras empresas de concesión de licencias, a pesar de que varias empresas pequeñas (y no tan pequeñas) han tenido éxito como proveedores especializados de tecnología. Más bien, como señalaremos más abajo, la estrategia apropiada ante la presencia de los mercados de tecnologías depende de la eficacia de los mercados en otros tipos de activos, incluyendo los financieros.

Además, al pensar en cómo un mercado de tecnologías condiciona la estrategia, hay otro factor en el nivel de la industria que debemos considerar. Los mercados, especialmente los mercados eficientes, son grandes niveladores. Un mercado de tecnologías disminuye las barreras para ingresar y aumenta la competencia en el mercado de productos, lo cual implica a menudo un replanteamiento de las estrategias existentes. A su vez, esto significa que cuando existe un mercado que funciona bien para un activo, dicho activo no puede ser fuente de una ventaja competitiva sostenible, y las empresas tienen que buscar en otras partes para ganar un margen sobre la competencia.

Los mercados de tecnologías y las estrategias para obtener beneficios

Teece (1986) identifica varios factores que determinan la capacidad de una empresa para obtener beneficios de una innovación: la naturaleza de la tecnología, la solidez de los regímenes de derechos de propiedad intelectual, los activos complementarios, la facilidad de replicación y la facilidad de imitación. La obtención de beneficios a través de concesión de licencias funciona mejor cuando existe una brecha sustancial entre los costes de replicación y de imitación. Si la tecnología es fácil de replicar y transferir, pero difícil de imitar, el innovador puede obtener una parte importante de los beneficios sencillamente concediendo licencias. Por lo tanto, cuando la base subyacente de conocimientos se encuentra suficientemente codificada y no es específicamente dependiente del contexto, si los derechos de propiedad intelectual están bien definidos y protegidos, la concesión de licencias puede funcionar bien.

Por ejemplo, como lo hemos tratado extensamente en nuestro libro, existe un gran mercado para los procesos químicos y los servicios de ingeniería. El crecimiento de la ingeniería química desempeñó un importante papel en el desarrollo de formas más generales y abstractas de conceptualizar los procesos químicos. Por otro lado, se piensa que las patentes funcionan mejor en la industria química que en otras industrias. Además, muchos procesos, especialmente en la petroquímica, están diseñados en torno a una variedad específica de catalizador que se puede mantener en propiedad gracias a la dificultad de imitar el producto a partir del mero análisis estructural. Por lo tanto, el propietario de la licencia puede utilizar el catalizador como un arma de negociación creíble: si el concesionario autorizado no respeta el acuerdo inicial, se puede poner fin al suministro del catalizador.

En un artículo reciente, Teece (1998) reconoce que la formación de mercados de tecnologías pueden cambiar esta perspectiva. Señala que separar la propiedad intelectual de los productos genera un nuevo entorno para la gestión del conocimiento, donde lo principal consiste en capturar el valor de los activos del conocimiento, aunque advierte que "...convertirse en una simple empresa de concesión de licencias no directamente implicada en el mercado de producción y cada vez más lejos de la manufactura y diseño del propio producto puede ser una estrategia arriesgada..." (ver Grindley y Teece 1997). Puesto que el riesgo a veces vale la recompensa adicional, el innovador ahora tiene la opción de equilibrar su capacidad de obtener valor del activo integrándolo en productos y servicios, a partir de los costes de transacción propios de la comercialización de la tecnología. En este sentido, la concesión de licencias es una opción, no mutuamente excluyente con la autoproducción. Por lo tanto, con un mercado de tecnologías, una empresa tiene que reconocer cuáles son sus competencias fundamentales no negociables y negociables. Después, puede decidir si un determinado descubrimiento o una competencia tecnológica se explota en la propia empresa o a través de una concesión. En muchos casos, las empresas pueden poseer tecnologías "no clave" (en algunos casos, de valor sustancial) que se pueden explotar con beneficios a través de la concesión de licencias.

La decisión de explotar la tecnología en la propia empresa o no depende de diversos factores. En primer lugar, depende de la distribución de los activos complementarios. Si la empresa tiene buen acceso a los activos complementarios en comparación con sus competidores, la explotación de la tecnología de la propia empresa es claramente una estrategia atractiva. Al contrario, si la empresa carece de los activos complementarios, podría pensar en vender la tecnología o conceder una licencia. Un caso especial importante surge cuando la tecnología en cuestión es genérica en

términos de su aplicación, como sucede con una tecnología de uso general. En este caso, sólo una empresa extraordinariamente grande y bien diversificada será capaz de explotar satisfactoriamente la tecnología de la propia empresa. De otra manera, es bastante más probable que los activos complementarios relevantes se distribuirán más ampliamente, de manera que la concesión de la tecnología producirá mayores beneficios.

Lo anterior destaca la importancia de los costes de transacción presentes en mercados de diferentes tipos de activos. Si los costes de transacción en la adquisición de activos complementarios, como capacidad de producción y de comercialización, son inferiores a los costes de transacción de la venta o concesión de licencias de tecnología, un innovador que carezca de las capacidades complementarias podría, aún así, decidir explotar su propia tecnología. De hecho, hay numerosos factores que influyen en los costes de transacción del intercambio tecnológico. Entre los principales, destacan los derechos de propiedad bien definidos y respetados. Es más fácil definir y hacer respetar los derechos de propiedad, y los costes de transacción para los contratos de concesión de licencias tecnológicas son menores cuando el conocimiento es articulable (Winter 1987) y se puede representar en términos de categorías generales y abstractas (Arora y Gambardella 1994). Estas representaciones disminuyen la dependencia contextual de la tecnología, y la liberan para que se generalice su uso y disminuyan las barreras cognitivas en la transferencia de tecnología (ver Von Hippel 1994).

Las dificultades en la evaluación pueden aumentar de forma significativa los costes de transacción. La valoración adecuada es especialmente importante cuando las empresas carecen de activos secundarios para comercializar la tecnología. Las actuales prácticas y normas de contabilidad, derivadas de tiempos en que la medición de los activos tangibles y materiales era su principal tarea, tienen que ser modificadas para permitir que prosperen los mercados de tecnologías.

Lo que se entiende menos es el papel que los propios mercados de tecnologías pueden desempeñar en el perfeccionamiento de la contabilidad de activos tecnológicos intangibles. Un mercado de tecnologías mejora la precisión de cualquier intento de evaluación. Lo hace de la manera más evidente, proporcionando una medida objetiva del valor, si el activo ha sido comercializado en el pasado, o si se han comercializado otros activos similares. Desde luego, la tecnología es altamente diferenciada, y es probable que su "precio" refleje la idiosincracia del comprador y del vendedor. Por lo tanto, cualquier medida monetaria será probablemente imperfecta. Dicho esto, estos problemas no son propios únicamente del valor de la tecnología. Por ejemplo, un mercado floreciente del arte de los antiguos maestros de la pintura demuestra que la diferenciación de los productos y las fuentes idiosincráticas del valor no excluyen la existencia de un mercado que funcione razonablemente bien.

Además, cuando invierten en investigación y desarrollo, las empresas realizan implícitamente estas evaluaciones, al igual que los inversores cuando evalúan las empresas de los mercados de capital. Los mercados de tecnologías permiten evaluar la contribución de la tecnología independientemente del valor de otros activos valiosos que posea la empresa. A su vez, esta evaluación podría permitir a las empresas especializarse en desarrollar tecnología sin necesariamente tener que adquirir competencias de los procesos de productos secundarios.

Además de los costes de transacción, la decisión acerca de la explotación de la propia tecnología también depende del alcance de la competencia en los diferentes mercados en la "cadena de valor" de la innovación. Por ejemplo, el innovador podría enfrentarse a una competencia mucho mayor en el mercado del producto que en el mercado de tecnologías. En este caso, los beneficios por la explotación de la propia tecnología serán probablemente pequeños, limitados por la capacidad del innovador para aumentar sus ventas y ganar una cuota del mercado, lo cual es, normalmente, un proceso lento. Puede que el innovador se enfrente a una competencia mucho menor en el mercado de tecnología, y puede que sea capaz de obtener beneficios muy superiores. Estas reflexiones condujeron a Qualcomm a abandonar la producción de teléfonos móviles con tecnología CDMA (Code Division Multiple Access) y centrarse en la concesión de licencias de su tecnología. A comienzos de los años noventa, Qualcomm introdujo una tecnología de telefonía inalámbrica basada en la tecnología CDMA, que era notablemente superior a la existente. Incorporó esta tecnología en los teléfonos móviles y creció rápidamente, con una producción de 4.000 millones de dólares y unos ingresos netos de más de 200 millones de dólares en 1999. Sin embargo, Qualcomm ha decidido remodelar drásticamente su actividad. Después de anunciar una caída de los beneficios en las operaciones de móviles con tecnología CDMA, renunció a la producción y se centró en desarrollar su tecnología CDMA y conceder licencias. En 1999, obtuvo casi 400 millones de dólares en licencias y patentes, lo cual es ligeramente superior a lo que Qualcomm dedicó a I+D ese mismo año.

Los mercados de tecnologías y las inversiones internacionales

Los mercados de tecnologías no sólo son importantes para la generación y difusión de la tecnología dentro de las empresas. Cuando estos mercados funcionan bien, promueven la difusión de la tecnología en otros países. Los mercados de tecnologías estimulan la división del trabajo y el desarrollo de proveedores especializados de tecnología. Cuando se desarrolla una tecnología, estos proveedores de tecnología pueden venderla en otros países a un coste inferior al coste de desarrollarla. De esta manera, los países compradores se benefician del hecho de que un invento, una nueva tecnología o un nuevo diseño ya ha sido elaborado en otra parte y, por lo tanto, el coste de esa invención ya ha sido pagado por el país de donde proviene.

La industria química proporciona un ejemplo ideal que demuestra que el desarrollo de una industria ascendente de proveedores especializados de tecnología mejora el acceso, disminuye los costes de inversión y elimina las barreras para ingresar en la industria de productos secundarios, lo cual tiene efectos beneficiosos en las inversiones totales en dichas industrias. Empezando en los años treinta, y continuando hasta los años sesenta, la industria química moderna en los países desarrollados (en adelante "Primer mundo") creció rápidamente. Esto estimuló el desarrollo de empresas especializadas en el diseño y la ingeniería de los procesos químicos, las llamadas empresas especializadas de ingeniería (EEI). En los años setenta, y especialmente en los ochenta, cuando emergió una industria química moderna en los países menos desarrollados (PMD), se benefició de la presencia de las EEI, que también se orientaron hacia la venta de sus tecnologías a las empresas de productos químicos en estos países. En pocas palabras, el crecimiento de la industria química en el Primer mundo creó un sector secundario, que más tarde estimuló el crecimiento de

la industria química en los países en desarrollo. Lo más importante es que los PMD se beneficiaron del hecho de que los costes (fijos) de creación de las industrias EEI ya habían sido pagado en el Primer mundo.

La Figura 2 resume los efectos que queremos destacar. En primer lugar, el crecimiento del mercado en el Primer mundo para un determinado proceso químico estimula el surgimiento de empresas de ingeniería especializadas en el diseño de instalaciones químicas para ese proceso. Se trata del efecto clásico del tamaño del mercado en la división vertical del trabajo en una industria. Como Smith (1776) y Stigler (1951) señalaron, cuando el mercado crece hay empresas especializadas (proveedores) que realizan ciertas actividades más eficazmente. Éstos pueden servir un mercado mayor que el mercado (y, por lo tanto, que el tamaño de las actividades) de las empresas secundarias individuales. Esto hace a los proveedores más eficaces debido a su mayor potencial de especialización. Al adquirir los insumos de los proveedores más eficaces, las industrias secundarias se benefician del hecho de que adquieren el insumo a costes inferiores que si las empresas individuales tuvieran que producirlo por sí solas.

El segundo efecto es el de las EEI del Primer mundo en el tamaño del mercado de los países en desarrollo. Para entender este efecto, supongamos que las EEI del Primer mundo no pudiesen proveer a los PMD. Aparte de depender de las multinacionales, las empresas de los PMD tendrían que proporcionar los servicios ellas mismas o depender de cualquier EEI existente en el propio país. En cualquiera de los dos casos, las empresas de los PMD se enfrentarían a costes muy altos. El resultado es que habrá menos inversiones en empresas químicas. Debido a los altos costes de transporte de muchos productos químicos, esto implicaría un crecimiento más lento de la producción química y de la actividad industrial en general.

Esta pequeña anécdota se basa en el supuesto de que el insumo crucial, la tecnología, es fácilmente "comercializable" entre diferentes países. Desde luego, si aplicamos lo que hemos aprendido en un lugar a otro contexto, no siempre resulta fácil y, desde luego, la transferencia de tecnología no está exenta de costes. Estos costes probablemente dependerán del carácter mismo del conocimiento integrado en la tecnología, donde el conocimiento tácito y menos articulado será más difícil de transferir, pero también sobre la "capacidad de absorción" de la empresa receptora (Cohen y Levinthal 1989). Sin embargo, el aspecto importante es que los costes de transferencia sean sustancialmente inferiores al coste de desarrollar la tecnología a partir de cero. En este sentido, el coste fijo de desarrollar o inventar la tecnología es pagado por las industrias o países que surgen antes (en este caso, las industrias químicas del Primer mundo), mientras que las industrias o países que se incorporan más tarde (las industrias químicas de los PMD) solo pagan el coste adicional de adaptar la tecnología a sus necesidades y usos específicos, y no el coste de inventar los principios básicos.

De hecho, tenemos que hacer una distinción importante. No estamos diciendo que con las EEI las empresas en los PMD se enfrentan a bajos costes en el desarrollo de las instalaciones de una industria química, aparte del hecho de que sus costes son inferiores a los de las empresas químicas en el Primer mundo o de las multinacionales. Los costes de creación de una planta química en una empresa de un país en desarrollo podría ser bastante altos, incluso allí donde existan las EEI. Sin embargo, nuestra

opinión es que con las EEI, es inferior a lo que sería si éstas no existiesen. A su vez, esto significa que estas empresas invertirán aún más que si no hubiesen EEIs del Primer mundo funcionando como vectores de las tecnologías.

En nuestro libro, entregamos cálculos cuantitativos de la importancia de la división del trabajo en la industria química, utilizando datos de casi 140 tecnologías de punta en este sector. Nuestro análisis empírico demuestra que las inversiones en las instalaciones químicas en los PMD son mayores cuanto mayor sea el número de proveedores de tecnología que operan en el Primer mundo. Además, los efectos de las EEI son mayores para las empresas químicas de los PMD que para las empresas multinacionales que invierten en los PMD. Esto se debe a que estas últimas empresas tienen mayor capacidad tecnológica interna. Por lo tanto, para ellas, la presencia de las EEI es relativamente menos importante.

Para tener una perspectiva del alcance de la magnitud del impacto en un sector ascendente de los proveedores de tecnología en la inversión total del mercado secundario, calculamos el efecto de una EEI adicional en un típico proceso de mercado sobre el valor total de las inversiones en dólares esperadas en los PMD en aquel mercado. Descubrimos que una EEI adicional aumentaría las inversiones en unos 3 millones de dólares al año por país. Para las 38 EEI de nuestra muestra, el aumento en inversiones en un proceso normal era del orden de 114 millones de dólares a lo largo de un período de diez años entre 1980 y 1990. La mayoría de nuestros mercados ya tenían más de 5 o 6 EEI. Por lo tanto, el efecto de una EEI adicional no era tan importante. Sin embargo, una sencilla simulación a partir de nuestros cálculos demostraba que el efecto de tener una EEI adicional en un mercado que carecía de ellas o que sólo tenía una, era bastante importante. Como se podría esperar, el "valor" de las EEI es mayor cuando hay pocas, en comparación con mercados donde ya existen diversos proveedores de tecnología.

En un contexto algo diferente, podríamos haber conceptualizado el fenómeno abordado aquí como una transferencia internacional de tecnología. Sin duda, las EEI son fuentes importantes de tecnología química, si bien numerosas empresas químicas importantes también transfieren tecnología al exterior. Sin embargo, las empresas de productos químicos tienen que compensar los beneficios de vender tecnología con la pérdida de los ingresos reales o potenciales de la venta de los productos secundarios. Por otro lado, las EEI proporcionan las tecnologías con pocas condiciones, y venden sus tecnologías y conocimientos expertos a cualquiera. Al hacer esto, han realmente contribuido a crear un mercado de tecnologías, del que se han beneficiado numerosos países en desarrollo. Así, además de los beneficios típicos por aumento de la productividad, la especialización y división del trabajo pueden arrojar otros beneficios para el crecimiento industrial y económico que a veces son ignorados.

En realidad, el hecho de que se puedan transferir oportunidades desde los que emprenden la iniciativa hasta los que vienen posteriormente, no se limita en ningún caso a las EEI. En un artículo fundamental, Rosenberg (1976) describía cómo los fabricantes de automóviles se beneficiaban de las tecnologías y herramientas desarrolladas por los proveedores de máquinas herramientas para los fabricantes de bicicletas en el siglo XIX. En una etapa posterior, estos productores de máquinas herramientas también contribuyeron a desarrollar industrias de manufacturas fuera de Estados Unidos. De la misma manera, los proveedores de maquinaria textil de

Manchester promovieron la difusión de la tecnología textil a Japón, India y China, e incluso actualmente el suministro de maquinaria textil por parte de los productores italianos de máquinas herramientas a las empresas textiles en los PMD, según se dice, aumenta la competitividad de estas empresas contra los propios productores italianos del textil en sus propios mercados de PMD.

Mercados "globales" de tecnologías y políticas nacionales

Los mercados de tecnologías, al igual que otros mercados, se están volviendo globales. En cierto modo, es de esperar, dado el menor costo del "transporte" y una mejor apreciación incluso por parte de gobiernos que, de otra manera, tendrían políticas proteccionistas, de los beneficios de la tecnología. El rápido progreso en las comunicaciones, de los cuales el más reciente es Internet, no han hecho más que acelerar el proceso de globalización.

Al mismo tiempo, es natural que estos mercados tengan muchas más posibilidades de surgir en regiones grandes, tecnológicamente y económicamente avanzadas, que en los países en desarrollo. Sin embargo, esto también significa que estos últimos no necesitan centrarse en desarrollar esos mercados. En su lugar, pueden centrarse en desarrollar instituciones que permitirán a sus empresas participar más eficazmente en ellas. El ejemplo de la industria química de Europa occidental en los años posteriores a la Segunda Guerra mundial es un caso relevante. Antes de la guerra, la industria química estaba tecnológicamente mucho más adelantada que la de Estados Unidos. La perturbación debido a la guerra y el auge de la industria petroquímica y de tecnologías de procesos en Estados Unidos, proporcionaron a la industria química de Estados Unidos una ventaja decisiva sobre sus rivales europeos, cuyos conocimientos especializados se basaban en procesos relacionados con el carbón. Sin embargo, en un período de pocos años, la industria química de Alemania, el Reino Unido y Francia han cambiado en gran parte al petróleo y al gas natural como insumos básicos. La disponibilidad de los conocimientos especializados en refinerías e ingeniería química desarrollada en Estados Unidos permitió este cambio. Posteriormente, las EEI desempeñaron un importante papel en la integración y el suministro de tecnología a los clientes europeos. En los años sesenta, las EEI desempeñaron un papel similar en Japón. La política industrial de este país, que tendía a limitar el acceso de las empresas extranjeras al mercado japonés, se volvió mucho más receptiva a las importaciones de tecnología extranjera. De hecho, las políticas en este contexto se centraban en crear la capacidad de absorber y adaptar la tecnología extranjera.

El asunto es sencillo y bien conocido: los mercados globales tienden a limitar el impacto de las políticas en los mercados. Para los países más pequeños, como los países europeos individuales, o para los países menos desarrollados, el impacto de sus propias políticas, sino están coordinadas con las de otros países, será probablemente escaso. Por ejemplo, es poco probable que las políticas de países más pequeños para desarrollar normas u otros tipos de instituciones de apoyo estimulen el desarrollo y los mercados de tecnologías en una escala sustancial. De la misma manera, debilitar o fortalecer los derechos de propiedad intelectual probablemente tendrá escaso efecto en el mercado global, si bien esto puede afectar el flujo de la tecnología hacia ese país.

Las políticas para estimular, coordinar o controlar los mercados de tecnologías serán más eficaces cuando las elaboren los países grandes (por ejemplo, Estados Unidos) o

por conjuntos de países (por ejemplo, la Unión Europea). Estas políticas requieren una coordinación entre los países y las intervenciones supranacionales en el marco internacional de las políticas. Sin embargo, es precisamente en este nivel supranacional donde más cuesta tomar las decisiones de las políticas, debido a los numerosos intereses en conflicto y a la falta de sólidos mecanismos de aplicación. Por esto, las políticas elaboradas por un país grande como Estados Unidos (por ejemplo, en materia de derechos de propiedad intelectual, o en el desarrollo de normas) pueden tener un fuerte impacto en el desarrollo mundial de los mercados de tecnologías. De la misma manera, la Unión Europea puede desempeñar un papel importante, especialmente si armoniza las políticas de los Estados miembro y evita la adopción de diferentes reglas y normas por parte de los Estados miembro a título individual.

Para la mayoría de otros países, la cuestión clave de las políticas estriba en cómo beneficiarse del crecimiento del comercio de la tecnología en todo el mundo. Esto requerirá estimular el uso eficaz de las tecnologías existentes, en lugar de la creación de nuevas tecnologías. De la misma manera, las políticas que se proponen hacer un seguimiento de los desarrollos tecnológicos mundiales aumentan su importancia, al igual que las instituciones destinadas a potenciar la eficacia de los contratos y disminuir los costes de búsqueda. Bajo esta perspectiva, los países pueden aumentar su énfasis en la capacidad para identificar y escoger la tecnología, y para desarrollar capacidades complementarias.

En aquellos sectores donde los mercados de tecnologías están desarrollados, y la tecnología se puede intercambiar más eficazmente, los países o regiones deberían especializarse según las ventajas comparativas. Esto no implica que los países deberían dejar de invertir en investigación y desarrollo. Al contrario, implica que deberían ser más selectivos en términos de los sectores y tipos de actividades en los que se centran, al menos en el corto a medio plazo.

Se sabe de sobra que la I+D y las patentes se concentran en los países más ricos. Especialmente en Estados Unidos y Europa, se ha gozado de una ventaja en términos de la investigación básica y del desarrollo de tecnologías "genéricas", como los semiconductores y la genética. Su ventaja no reside únicamente en ser los primeros en tomar la iniciativa, sino también en la base industrial más amplia sobre la que pueden aplicar estos hallazgos. Estas ventajas son menos evidentes cuando las tecnologías y productos tienen que ser adaptados a los usos y necesidades locales. Si aceptamos que las empresas o industrias situadas "cerca" de los usuarios tienen una ventaja cuando se trata de comunicarse con sus mercados y adquirir la información relevante para adaptar las tecnologías, las empresas en otras partes del mundo podrían aprovecharse de este nicho. Así, aunque la producción de algunas tecnologías más básicas esté concentrada, otras regiones pueden tener acceso a estas tecnologías y explotar su proximidad a los usuarios o sus ventajas comparativas en el desarrollo de tecnologías complementarias, siempre y cuando los mercados de tecnologías funcione adecuadamente.⁵

Estas recomendaciones no son nuevas y, en algunos ambientes, son vistas como una receta para el "atraso" tecnológico perpetuo. Algunos países podrían resistirse a una división internacional del trabajo de este tipo en la producción y adaptación de la tecnología. Las razones pueden variar desde el orgullo nacional hasta la voluntad de controlar las tecnologías estratégicas. Por lo tanto, es probable que se manifieste algún

tipo de síndrome de "no intentado aquí", a nivel nacional. Es importante saber que, justificase o no, ahí donde existen, los mercados de tecnologías aumentan el costo de oportunidad de una actitud de este tipo. Dicho sencillamente, si otros ya han pagado el coste fijo de desarrollar la tecnología, y si la competencia entre los vendedores implica que el precio de la tecnología está relacionado con el coste marginal de la transferencia de tecnología, una estrategia de desarrollo de la tecnología propia y de incurrir en los costes fijos, una vez más, debería proporcionar algunos beneficios superiores al mero hecho de tener propiedad de la tecnología. No tienen mucho sentido las políticas nacionales que intentan "reinventar la rueda", excepto donde dicha reinención es una parte del proceso de construcción de la "capacidad de absorción", o como una parte de una estrategia a largo plazo para crear un liderazgo tecnológico internacional.

En segundo lugar, en un contexto dinámico, la división internacional del trabajo, con una especialización implícita en la producción y adaptación de tecnologías, significa que los países que se especializan en esta última no tienen que renunciar a la posibilidad de convertirse en productores de tecnología, al menos en algunas áreas bien definidas. Por ejemplo, con una política de desarrollo de tecnologías complementarias a las existentes en alguna zona o región principal, las empresas e industrias locales también podrían conocer progresivamente la tecnología básica, y posiblemente convertirse en productores de algunas tecnologías clave (ver Rosenberg y Steinmueller 1988). Por ejemplo, la industria de programas informáticos en India comenzó como proveedor de la gama baja de componentes de programas a las grandes empresas informáticas, especialmente en Estados Unidos. Ya hay señales de que esta estrategia podría estimular progresivamente al menos a algunas de estas empresas a elaborar productos más complejos (Arora *et al.* 2001). Se puede formular un argumento similar para las empresas de software en Irlanda, que parecen haber mejorado su capacidad de eleaborar nuevos productos de *software* en algunos nichos del mercado (Arora, Gambardella y Torrisi 2001). En resumen, en un contexto dinámico, el modelo de la especialización no es inmutable. Con suerte y mucho trabajo, las ventajas de la especialización en las actividades tecnológicas de la gama baja (adaptación) se podrían incluso convertir en el motor para ascender en la cadena de valor. El aprendizaje a través de interacciones sistemáticas con los usuarios y los productores de tecnología de los países más desarrollados puede ser crucial para que se genere este proceso.

De hecho, algunos países como Rusia e Israel y, en menor medida, India, han desarrollado relativamente bien las infraestructuras científicas y de ingeniería. Sin embargo, carecen del tamaño del mercado y la infraestructura tecnológica y económica complementaria con que mejor se podría explotar dicha infraestructura. En este sentido, se parecen a los proveedores especializados de tecnología. Un mercado bien desarrollado y globalizado para la tecnología permitirá a las empresas de estos países obtener una mayor rentabilidad de sus inversiones en ciencia e ingeniería al proporcionar tecnología a aquellos capaces de desarrollarla y comercializarla más eficazmente. Aquí también, podemos encontrar la oposición de aquellos que ven esto como "regalar el negocio". Una vez más, nuestro objetivo no consiste en abogar por políticas específicas, puesto que la política apropiada dependerá de las características específicas de cada situación, sino en destacar la alternativa que ofrecen los mercados de tecnologías.

Conclusiones

Este artículo, y la línea de investigación más amplia de donde proviene, han intentado responder a preguntas como: ¿Bajo qué condiciones parecerá la tecnología un activo comercializable y, si lo es, cuáles serán las consecuencias para la creación y uso de nuevas tecnologías, para la difusión de la tecnología, para las políticas públicas y las estrategias empresariales? Al intentar responder a estas preguntas, hemos encontrado diversos obstáculos. No es fácil definir los mercados de tecnologías. La tecnología puede cambiar de manos a menudo a través de los bienes de capital o de consumo en que está integrada. Si bien nuestra perspectiva se centra en las ventas de tecnologías independientemente de los bienes físicos, integrar o no integrar la tecnología puede ser el resultado de una elección deliberada. Además, resulta difícil distinguir entre conocimientos y tecnología.

Una cualificación similar se aplica a lo que consideramos un concepto nuevo que hemos desarrollado aquí, a saber, la división del trabajo innovador. En muchos sentidos, la distinción entre la división tradicional del trabajo y la división del trabajo innovador no es clara. Sin embargo, a pesar de que hay importantes razones para distinguir entre ambas, también hay importantes rasgos en común: las propiedades e implicaciones (por ejemplo, para el crecimiento económico) de la especialización vertical pueden ir más allá del contexto de los bienes manufacturados, hasta la especialización en tecnología y el proceso de innovación. Así, la división del trabajo innovador produce las ventajas clásicas de la especialización. Por ejemplo, actualmente, en numerosas industrias importantes de alta tecnología, los suministradores más pequeños de tecnología demuestran tener ventajas comparativas en la creación de nuevas ideas y tecnologías, y las empresas más grandes demuestran tener ventajas comparativas en el desarrollo y producción a gran escala de estas tecnologías, así como en su producción y comercialización. Además, los proveedores especializados de tecnología pueden ser cruciales en la generalización y desarrollo de la innovación para un amplio uso y en la divulgación de la innovación, como han hecho las EEI en la industria química durante muchos años, incluyendo su papel como promotores de mecanismos mediatizados por el mercado para la transferencia de tecnología hacia los PMD, como hemos tratado de destacar en este artículo. En especial, las EEI han demostrado que la división del trabajo innovador en una industria puede disminuir las barreras de ingreso para los posteriores candidatos. A través de una división del trabajo, el crecimiento del mercado en una región puede crear especialistas de tecnología que estimulan el crecimiento en otras regiones.

Al mismo tiempo, como hemos señalado en el apartado final, la localización de los mercados de tecnologías implica nuevos desafíos para los gobiernos. Hemos señalado especialmente que, al igual que en cualquier mercado global, las políticas nacionales tienen una capacidad limitada para controlar plenamente los mercados de tecnologías. Además, una consecuencia es que, sobre todo en los países que siguen la huella abierta, se pueden obtener beneficios de una política que estimula a los agentes nacionales a comprar tecnologías en estos mercados, en lugar de intentar desarrollarlas internamente. Somos conscientes del hecho de que podría haber obstáculos para esta estrategia. Por ejemplo, se ha sostenido que las inversiones internas en tecnología son importantes para potenciar las capacidades locales de aprendizaje. Nosotros solamente señalamos que las ventajas de estas estrategias tienen que ser comparadas con las diferencias en costes entre el desarrollo interno de las

tecnologías y el coste de adaptar tecnologías disponibles de productores extranjeros. Nuestra historia de las EEI en las industrias químicas ha demostrado que la división del trabajo innovador mediatizada por el mercado ha sido un poderoso instrumento para la difusión de la tecnología, y para el crecimiento de las industrias secundarias en los países receptores.

Traducido del inglés

Notas

1. Las transacciones de tecnologías también se pueden producir a través de fusiones y adquisiciones, y a través de la movilidad de las personas. Sin embargo, aquí ignoraremos estos casos.
2. Un estudio del British Technology Group (BTG 1998) ha llegado a la conclusión de que la mayoría de las grandes empresas en los países industrializados tienen tecnologías no utilizadas que no han patentado en el pasado pero que quisieran patentar ahora. Esto señala el subdesarrollo, cuando no la ausencia, de un mercado de tecnologías. Otras pruebas provienen de un cálculo de la Unión Europea de que, en Europa se destinan 20 mil millones de dólares al año a investigar innovaciones y tecnologías que ya han sido desarrolladas en otras partes.
3. En este artículo, utilizamos “billón” para decir “mil millones” (estilo de Estados Unidos)
4. En nuestro libro, discutimos más detalladamente las características y el alcance de los mercados de tecnologías en algunos de estos países líderes en industrias de alta tecnología.
5. La experiencia de Reliance Petroleum es relevante. Reliance Petroleum forma parte de un gran conglomerado en India, Reliance Group, que comenzó en la industria textil y luego se integró hacia atrás en productos intermedios (ácido tereftálico purificado para poliéster) y luego a la producción de piensos básicos y al refinado. Reliance contrató a Bechtel y a otras grandes empresas y construyó con éxito la refinería "comunitaria" más grande del mundo, cuya producción equivale al 25% de la capacidad de refinería de India y a fábricas de productos secundarios en Gujrat, India. Estas instalaciones se inauguraron seis meses antes de lo programado y por debajo de los costes estipulados. Es evidente que, si bien Reliance ha invertido en las capacidades de ingeniería química, los factores cruciales de su éxito comercial son la capacidad de identificar fuentes de tecnología y de gestionarlas. La experiencia de Reliance de entrar en el negocio del refinado de petróleo sin capacidad para diseñar ni construir las instalaciones necesarias, indica que muchas empresas pueden adquirir tecnología en el mercado si poseen las capacidades de gestión apropiadas en la propia empresa.

Referencias

ARORA, A., ARUNACHALAM, V.S., ASUNDI, JAI; FERNANDES, R., 2001, “The Indian Software Industry” [La industria de programas informáticos en India], *Research Policy*, (de próxima publicación).

ARORA, A., FOSFURI, A., y A. GAMBARDELLA. 2001. *Markets for Technology: Economics of Innovation and Corporate Strategy*. [Mercados para la

tecnología: la economía de innovación y estrategia empresarial] MIT Press. Cambridge, MA.

ARORA, A.; GAMBARDELLA, A., 1994. "The Changing Technology of Technical Change: General and Abstract Knowledge and the Division of Innovative Labour" [La cambiante tecnología del cambio técnico: conocimientos generales y abstractos y la división del trabajo innovador] *Research Policy* 23: 523-532.

ARORA, A., GAMBARDELLA, A., y S. TORRISI, 2001. "Human Capital, International Linkages and Growth: The Software Industry in India and Ireland." [Capital humano, vínculos internacionales y crecimiento: la industria del *software* en India e Irlanda]. Ponencia presentada en la Reunión de la American Economic Association, Nueva Orleans, 4-8 de enero.

BARNEY, J.B., 1991. "Firms Resources and Sustained Competitive Advantage" [Recursos de las empresas y ventajas comparativas sostenidas], *Journal of Management* 17: 99-120.

CHANDLER, A., 1990. *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism* [Escala y alcance: la dinámica del capitalismo industrial], The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, MA.

COHEN, W.; LEVINTHAL, D., 1989. "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D" [Innovación y aprendizaje: Las dos caras de I+D], *Economic Journal* 99, 569-596.

GRINDLEY, P.C.; TEECE, D.J., 1997. "Licensing and Cross-Licensing in Semiconductors and Electronics" [Concesión de licencias e intercambio de licencias en los semiconductores y la electrónica], *California Management Review* 39(2): 8-41.

LAMOREAUX, N.; SOKOLOFF, K., 1997. "Location and Technological Change in the American Glass Industry during the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries" [Ubicación y cambio tecnológico en la industria del vidrio en Estados Unidos a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX], NBER WP #5938. Cambridge MA.

LAMOREAUX, N.; SOKOLOFF, K., 1998. "Inventors, Firms, and the Market for Technology: US Manufacturing in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries" [Inventores, empresas y el mercado de tecnologías: la producción manufacturera en Estados Unidos a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX], En: LAMOREAUX, N., RAFF, D.; TEMIN, P. (eds.) *Learning by Firms, Organizations, and Nations*, (de próxima publicación).

MINISTERIO DE JUSTICIA DE ESTADOS UNIDOS. 1995. *Antitrust Guidelines for the Licensing of IP* [Directrices antimonopolios para la concesión de licencias de propiedad intelectual], US Dept. of Justice and the Federal Trade Commission. Washington, DC. 6 de abril.

- NELSON, R.R., 1959. "The Simple Economics of Basic Scientific Research" [La sencilla economía de la investigación científica básica], *Journal of Political Economy* 67 (2): 297-306.
- ROSENBERG, N., 1976. *Perspectives on Technology* [Perspectivas de la tecnología], Cambridge University Press. Cambridge, RU.
- ROSENBERG, N.; STEINMUELLER, E., 1988. "Why Are Americans Such Poor Imitators?" [¿Por qué los estadounidenses son tan malos imitadores?], *American Economic Review Papers and Proceedings* 78 (2): 229-234.
- SMITH, A., 1776. *The Wealth of Nations* [La riqueza de las naciones], Penguin Papers. Harmondsworth. UK. 1983 Edition.
- STIGLER, G., 1951. "The Division of Labor is Limited by the Extent of the Market" [La división del trabajo está limitada por el tamaño del mercado], *Journal of Political Economy* 59: 185-193.
- TEECE, D.J., 1986. "Profiting from Technological Innovation" [Los beneficios de las innovaciones tecnológicas], *Research Policy* 15(6): 285-305.
- TEECE, D.J., 1998. "Capturing Value from Knowledge Assets: The New Economy, Markets for Know-How, and Intangible Assets" [Captar el valor de los activos del conocimiento: la nueva economía, los mercados de conocimientos especializados y los activos intangibles], *California Management Review* 40 (3): 55-79.
- VON HIPPEL, E., 1994. "Sticky Information and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation" [La información pegadiza y el quid de la solución de problemas: implicaciones para la innovación], *Management Science* 40(4), 429-439.
- WINTER, S., 1987. "Knowledge and Competence as Strategic Assets" [Conocimiento y competencia como activos estratégicos], En: TEECE, D.J. (ed.) *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal* [El desafío de la competitividad: estrategias para la innovación y renovación industrial]. Harper and Row. Nueva York. NY